

# АСИМПТОТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИ БОЛЬШИХ ЧИСЛАХ РЕЙНОЛЬДСА ТУРБУЛЕНТНОГО ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ НА ПЛАСТИНЕ С ОТСОСОМ

И. И. Вигдорович

*Центральный институт авиационного моторостроения,  
Москва*

Рассматривается течение несжимаемой жидкости в турбулентном пограничном слое на плоской проницаемой пластине при наличии распределенного отсоса на ее поверхности. Рассмотрены случаи постоянной и переменной по длине пластины скорости отсоса.

Принята гипотеза замыкания, постулирующая общий локальный вид связи между функциями, задающими компоненты тензора Рейнольдса и профиль осредненной скорости. Предложена специальная замена переменных в уравнениях пограничного слоя [1]. Решение краевой задачи строится в виде асимптотических разложений при больших значениях логарифма числа Рейнольдса, образованного по толщине слоя, для различных характерных областей течения с последующим асимптотическим сращиванием. Установлена полная качественная картина и асимптотическая структура течения в турбулентном пограничном слое.

На начальном участке пластины реализуется режим умеренного отсоса, когда касательное напряжение сохраняет один порядок величины поперек всего слоя. Во внешней области распределения скорости и компонентов тензора Рейнольдса подчиняются условиям автомодельности (справедлив универсальный закон дефекта скорости [2]), по мере приближения к стенке профиль скорости имеет участки с логарифмической и бимоногарифмической асимптотикой.

Если отсос на стенке не спадает слишком быстро, режим умеренного переходит в режим сильного отсоса, который характеризуется резким падением величины касательного напряжения во внешнем подслое при том, что порядок этой величины на стенке сохраняется прежним. Профили скорости и других параметров во внешней области не удовлетворяют условию автомодельности, а продольный градиент скорости на стенке в отличие от режима

умеренного отсоса влияет на течение уже в первом приближении. Логарифмический подслон при сильном отсосе отсутствует. Сохраняется лишь подобласть с билигарифмической асимптотикой профиля скорости.

Предельной формой течения далеко вниз по потоку является асимптотический пограничный слой, который в переменных подобия имеет универсальный не зависящий от продольной координаты профиль скорости. Распределение толщины потери импульса на этом участке пластины существенно зависит от закона отсоса и увеличивается, остается постоянным или стремится к нулю в зависимости от того, убывающей, постоянной или возрастающей является абсолютная величина скорости отсоса. В последнем случае при достижении некоторых критических параметров в слое должно наблюдаться явление реламинаризации.

Установлен универсальный закон трения, согласно которому при равномерном отсосе зависимость коэффициента трения на стенке от числа Рейнольдса в переменных подобия описывается одной универсальной кривой, не зависящей от скорости отсоса [3]. При неравномерном отсосе имеется семейство кривых, задаваемых одним параметром, характеризующим продольный градиент скорости отсоса на пластине [4]. Аналогичное правило подобия имеет место для распределения толщины потери импульса. Универсальный закон трения справедлив во всем диапазоне параметров в развитом турбулентном пограничном слое от нулевой скорости отсоса до скоростей, вызывающих реламинаризацию турбулентного пограничного слоя. Установлены две эквивалентные формулировки универсального закона трения, использующие различные выражения для переменных подобия. При малом отсосе имеется согласование с универсальным законом трения на пластине со вдувом [5]. Предложен критерий реламинаризации в асимптотическом турбулентном пограничном слое с отсосом. Установленные правила подобия и асимптотические расчетные зависимости находятся в хорошем соответствии с имеющимися экспериментальными данными.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (код проекта 98-01-00154).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вигдорович И.И. *Асимптотическое исследование при боль-*

ших числах Рейнольдса турбулентного пограничного слоя на плоской пластине // Изв. РАН. МЖГ. – 1993. – N 4. – С. 106–117.

2. Вигдорович И.И. Универсальный закон дефекта скорости для турбулентного пограничного слоя на пластине со вдувом и отсосом // Докл. АН России. – 1993. – Т. 331. – N 4. – С. 443–448.

3. Вигдорович И.И. Универсальный закон трения для турбулентного пограничного слоя на пластине с отсосом // Докл. АН России. – 1997. – Т. 356. – N 1. – С. 42–46.

4. Вигдорович И.И. Турбулентный пограничный слой на пластине с интенсивным отсосом // Изв. РАН. МЖГ. – 1999. – N 3. – С. 61–76.

5. Вигдорович И.И. Универсальный закон трения для турбулентного пограничного слоя на пластине со вдувом // Докл. АН России. – 1994. – Т. 337. – N 1. – С. 39–43.

## БЕЗВОЛНОВЫЕ РЕЖИМЫ ОБТЕКАНИЯ СТУПЕНИ

Е. Р. Газизов, Д. В. Маклаков

*НИИММ Казанского государственного университета*

1. **Постановка задачи и сведение ее к решению нелинейного интегрального уравнения.** Рассматривается стационарное потенциальное течение слоя идеальной несжимаемой весомой жидкости над неровным полигональным дном в форме наклонной ступени (рис. 1). Отыскиваются безволновые решения для различных режимов обтекания. Вводится декартова система координат  $(x, y)$ , причем ее начало лежит в основании ступени. Задаются  $h$  – глубина невозмущенного уровня свободной поверхности слева на бесконечности,  $V_0$  – скорость набегающего потока,  $\beta\pi$  – угол наклона ступени к оси  $Ox$ ,  $g$  – ускорение силы тяжести. Сила тяжести действует в направлении, обратном направлению оси  $Oy$ .

Отобразим область течения в физической плоскости  $z = x + iy$  на полосу  $D_t = \{0 < \eta < \pi/2\}$  в плоскости комплексного переменного  $t = \xi + i\eta$  так, чтобы бесконечно удаленные точки перешли в бесконечно удаленные, а угловые точки дна  $B$  и  $D$  – в точки  $t = 0$  и  $t = d$  соответственно.